

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

JC971 U.S. PTO  
09/778045  
02/07/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2000年 2月 7日

出 願 番 号  
Application Number:

特願2000-029030

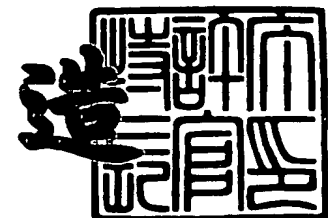
出 願 人  
Applicant(s):

シャープ株式会社

2001年 1月12日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3111554

【書類名】 特許願

【整理番号】 168466

【提出日】 平成12年 2月 7日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01S 3/18

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

    【氏名】 倉橋 孝尚

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

    【氏名】 細羽 弘之

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

    【氏名】 中津 弘志

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

    【氏名】 村上 哲朗

【特許出願人】

    【識別番号】 000005049

    【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号

    【氏名又は名称】 シャープ株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100062144

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 青山 葆

【選任した代理人】

【識別番号】 100084146

【弁理士】

【氏名又は名称】 山崎 宏

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013262

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9003079

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体発光素子およびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 GaAs基板上に多層反射膜と発光層が形成され、上記多層反射膜がGaAs基板と発光層の間に位置し、発光層から表面に向う光が放射角依存性をもつ半導体発光素子において、

上記発光層上に層数が 1 以上の半導体層が形成され、この半導体層の表面が粗面であることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の半導体発光素子において、上記 GaAs 基板上に形成される発光層は、単層あるいは複数層からなる  $Al_yGa_zIn_{1-y-z}P$  ( $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$ ) であることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 3】 GaAs基板上に多層反射膜と発光層が形成され、上記多層反射膜がGaAs基板と発光層の間に位置し、発光層から表面に向う光が放射角依存性をもつ半導体発光素子の製造方法において、

上記発光層上に層数が 1 以上の半導体層を形成する工程と、その後にウエハ表面を粗面化する工程を有することを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【請求項 4】 請求項 3 に記載の半導体発光素子の製造方法において、上記ウエハ表面を粗面化する工程は、フォトリソグラフィーおよびエッチングによってウエハ表面に光を散乱するパターンを形成する工程を含むことを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【請求項 5】 請求項 3 に記載の半導体発光素子の製造方法において、上記ウエハ表面を粗面化する工程は、ウエハ表面を研磨する工程を含むことを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【請求項 6】 請求項 3 に記載の半導体発光素子の製造方法において、上記発光層上に層数が 1 以上の半導体層を形成する工程は、発光層上に  $Al_yGa_zIn_{1-y-z}P$  ( $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$ ) 層を含む半導体層を形成する工程を含み、上記ウエハ表面を粗面化する工程は、塩酸中でウエハを煮沸する工程を含むことを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【請求項 7】 GaAs基板上に多層反射膜と発光層が形成され、上記多層反

射膜がGaAs基板と発光層の間に位置し、発光層から表面に向う光が放射角依存性をもつ半導体発光素子の製造方法において、

上記発光層上にGaAs基板に対して格子定数が0.5%以上異なる $\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{In}_{1-y-z}\text{P}$  ( $0 \leq y \leq 1$ ,  $0 \leq z \leq 1$ )層を含む層数が1以上の半導体層を形成することによってウエハ表面を粗面化することを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、伝送用(特にIEEE1394用)および表示用等に用いられる半導体発光素子に関する。

##### 【0002】

#### 【従来の技術】

近年、光通信や情報表示パネル等に半導体発光素子が広く用いられている。これらの半導体発光素子は、発光効率が高いこと、光通信用のものではさらに応答速度が高速であることが重要であり、近年開発が盛んに行われている。

最近、比較的短い距離の通信用にプラスチック光ファイバが利用され始め、このプラスチック光ファイバにとって損失が少ない波長領域は650nmであるので、この波長領域で高効率で発光しうるAlGaInP系の半導体材料を発光層にもつ高速応答LED(発光ダイオード)が開発されている。

一方、通常の面発光型LEDの応答性や発光効率を向上させる手段の1つとして、発光層を量子井戸構造にすることが行なわれている。また、光取出し効率を向上させる手段として、発光層とGaAs基板の間に反射率の高いDBR(Distributed Bragg Reflector:多層反射膜)を設けることが行なわれている。

##### 【0003】

#### 【発明が解決しようとする課題】

ところが、上記発光層の下にDBRを設けた面発光型LEDでは、発光層が量子井戸活性層である場合、発光層の厚さが10nm程度と非常に薄くなるため、DBRからの反射光が発光層であまり吸収されずにLED外に放射される。そのた

め、垂直方向の反射波長が斜め方向の反射波長よりも長くなるというDBRの特性がLEDに反映されて、LEDの発光波長が放射角依存性をもつようになり、その放射角依存性は通常0.2～0.3 nm/deg程度である。しかし、この程度の放射角依存性でも、LEDを表示用に用いた場合、見る角度によって色が変わってしまうという問題が生じる。

また、上記LEDを通信用光源に用いる場合、例えば垂直方向に接続されるプラスチック光ファイバにとって損失が少ない波長領域の650nmに発光波長ピークを持つようにLEDチップを作製すると、斜め方向の出射する光は、ピーク波長が650nmよりも短くなって使用できなくなるという問題がある。

#### 【0004】

そこで、本発明の目的は、半導体発光素子の発光層から発せられ、表面から出射される光を多方向に散乱させる手段を設けることによって、発光波長の放射角依存性を小さくすることができる半導体発光素子およびこの半導体発光素子を簡素に製造できる製造方法を提供することにある。

#### 【0005】

##### 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、請求項1の半導体発光素子は、GaAs基板上に多層反射膜と発光層が形成され、上記多層反射膜がGaAs基板と発光層の間に位置し、発光層から表面に向う光が放射角依存性をもつ半導体発光素子において、上記発光層上に層数が1以上の半導体層が形成され、この半導体層の表面が粗面であることを特徴とする。

#### 【0006】

請求項1の半導体発光素子では、半導体発光素子の表面が、図1(B)に例示するように粗面であるので、図1(A)に例示する平坦面である場合に比して、発光層から発せられ、半導体発光素子の表面から外部に出射される光が、多方向に散乱されるから、半導体発光素子の発光波長の放射角依存性を小さくすることができる。

#### 【0007】

請求項2の半導体発光素子は、上記GaAs基板上に形成される発光層が、単層

あるいは複数層からなる  $\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{In}_{1-y-z}\text{P}$  ( $0 \leq y \leq 1$ ,  $0 \leq z \leq 1$ ) であることを特徴とする。

【 0 0 0 8 】

請求項 2 の半導体発光素子では、発光層が、単層あるいは複数層からなる  $\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{In}_{1-y-z}\text{P}$  ( $0 \leq y \leq 1$ ,  $0 \leq z \leq 1$ ) であるので、560nm から 660nm 程度のピーク波長を持つ発光が可能である。

【 0 0 0 9 】

請求項 3 の半導体発光素子の製造方法は、GaAs 基板上に多層反射膜と発光層が形成され、上記多層反射膜が GaAs 基板と発光層の間に位置し、発光層から表面に向う光が放射角依存性をもつ半導体発光素子の製造方法において、上記発光層上に層数が 1 以上の半導体層を形成する工程と、その後にウエハ表面を粗面化する工程を有することを特徴とする。

【 0 0 1 0 】

請求項 3 の半導体発光素子の製造方法では、発光層上に層数が 1 以上の半導体層を形成した後にウエハ表面をのみ粗面化し、内部層は粗面化されていないので、多層反射膜の反射率を落とすことなく、発光層から発せられ、半導体発光素子の表面から外部に出射される光が、多方向に散乱されるから、半導体発光素子の発光波長の放射角依存性を小さくすることができる。

【 0 0 1 1 】

請求項 4 の半導体発光素子の製造方法は、上記ウエハ表面を粗面化する工程が、フォトリソグラフィーおよびエッチングによってウエハ表面に光を散乱するパターンを形成する工程を含むことを特徴とする。

【 0 0 1 2 】

請求項 4 の半導体発光素子の製造方法では、フォトリソグラフィーおよびエッチングによってウエハ表面に光を散乱するパターンを形成するので、微細で精度の高いパターンを形成することができる。

【 0 0 1 3 】

請求項 5 の半導体発光素子の製造方法は、上記ウエハ表面を粗面化する工程が、ウエハ表面を研磨する工程を含むことを特徴とする。



## 【 0 0 1 4 】

請求項 5 の半導体発光素子の製造方法では、ウエハ表面を研磨によって粗面化するので、請求項 4 の半導体発光素子の製造方法のような複雑なフォトリソグラフィの工程がないから、より簡単な方法で半導体発光素子を製造できる。

## 【 0 0 1 5 】

請求項 6 の半導体発光素子の製造方法は、上記発光層上に層数が 1 以上の半導体層を形成する工程が、発光層上に  $\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{In}_{1-y-z}\text{P}$  ( $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$ ) 層を含む半導体層を形成する工程を含み、上記ウエハ表面を粗面化する工程が、塩酸中でウエハを煮沸する工程を含むことを特徴とする。

## 【 0 0 1 6 】

請求項 6 の半導体発光素子の製造方法では、塩酸中でウエハを煮沸することによってウエハ表面を粗面化するので、粗面化のためにウエハを保持する別の基板やシート等に貼り付ける工程およびウエハを洗浄する工程を省くことができ、請求項 5 の製造方法よりもさらに簡単化が図られる。

## 【 0 0 1 7 】

請求項 7 の半導体発光素子の製造方法は、GaAs 基板上に多層反射膜と発光層が形成され、上記多層反射膜が GaAs 基板と発光層の間に位置し、発光層から表面に向う光が放射角依存性をもつ半導体発光素子の製造方法において、上記発光層上に GaAs 基板に対して格子定数が 0.5 % 以上異なる  $\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{In}_{1-y-z}\text{P}$  ( $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$ ) 層を含む層数が 1 以上の半導体層を形成することによってウエハ表面を粗面化することを特徴とする。

## 【 0 0 1 8 】

請求項 7 の半導体発光素子の製造方法では、格子定数の差により発光層に対して GaAs 基板と反対側に形成された半導体層の表面が粗面になる。従って、一連の結晶成長のみによってウエハ表面が粗面化できるので、結晶成長後に別途ウエハ表面を粗面化する工程を省くことができ、請求項 3、請求項 4、請求項 5 および請求項 6 の製造方法よりもさらに簡略化が図られる。

## 【 0 0 1 9 】

## 【発明の実施の形態】

以下、本発明を図示の実施の形態により詳細に説明する。

(実施形態 1)

図 2 (A), (B) は、本発明の第 1 の実施形態である AlGaInP 系の半導体発光素子の平面図およびその b-b 線断面図である。図 2 (A), (B) において、1 は n 型の GaAs 基板、2 は n 型の GaAs バッファ層、3 は n 型の  $\text{Al}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$  と n 型の  $(\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$  を交互に 20 ペア積層してなる DBR (多層反射膜)、4 は n 型の  $\text{Al}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$  からなる第 1 クラッド層、5 は 80 Å 厚で GaInP の井戸層を  $(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$  のバリア層で挟んでなる量子井戸活性層、6 は p 型の  $\text{Al}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$  からなる第 2 クラッド層、7 は p 型の  $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$  からなる電流拡散層、8 は p 型の  $(\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$  からなるエッチングストップ層、9 は p 型の  $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$  からなる光散乱層、10 は  $\text{SiO}_2$  膜、11 は p 型電極、12 は基板裏面の n 型電極である。

【0020】

図 3 および図 4 (A), (B) は、図 2 の半導体発光素子の製造工程を示しており、図 4 (B) は平面図である図 4 (A) の b-b 線断面図である。

上記半導体発光素子は、図 3 に示すように、(100) から法線が [011] 方向に  $15^\circ$  だけ傾斜した表面をもつ n 型の GaAs 基板 1 上に、順次、1 μm 厚の n 型 GaAs バッファ層 2、n 型  $\text{Al}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$  と n 型  $(\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$  の交互 20 ペア積層からなる DBR 3、n 型  $\text{Al}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$  の第 1 クラッド層 4、量子井戸活性層 5、p 型  $\text{Al}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$  の第 2 クラッド層 6、3 μm 厚の p 型  $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$  の電流拡散層 7、0.1 μm 厚の p 型  $(\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$  のエッチングストップ層 8、3 μm の p 型  $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$  の光散乱層 9 を MOCVD (有機金属気相成長) 法により積層する。

ここで、n 型  $\text{Al}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$  と n 型  $(\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$  の交互 20 ペア積層からなる DBR 3 は、反射スペクトルの中心が 650nm になるようにする。また、量子井戸活性層 5 の発光ピーク波長も 650nm になるようにする。

【0021】

次に、図 4 (B) に示すように、ウエハ表面に CVD 法によって  $\text{SiO}_2$  膜 10 を形成し、フォトリソグラフィーおよび希釈 HF によるエッチングによって図 4 (

A)の如き  $70\ \mu\text{m}\phi$  の円形状の電流経路を形成する。

その後、図2に示すように、p型  $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$  の光散乱層9および  $\text{SiO}_2$  膜10上に  $\text{AuZn}/\text{Mo}/\text{Au}$  をスパッタし、フォトリソグラフィーによるパターンニングにより表面電極を形成し、続いて熱処理してp型電極11を得る。

さらに、p型電極11が形成されていない  $70\ \mu\text{m}\phi$  の円形状の電流経路内のp型  $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$  光散乱層9の表面に、フォトリソグラフィーおよび硫酸／過酸化水素系エッチャントによって  $5\ \mu\text{m}$  ピッチの格子パターンを形成する。このとき、エッチングは、p型  $(\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$  のエッチングストップ層8に達するまで行なって格子パターンの深さを制御する。最後に、GaAs基板1の裏面を略  $280\ \mu\text{m}$  まで研磨し、この研磨した面に  $\text{AuGe}/\text{Au}$  を蒸着した後、熱処理してn型電極12を形成する。

#### 【0022】

図5は、表面が粗面化された上記第1実施形態の半導体発光素子と、表面が粗面化されていない従来の半導体発光素子とについて、その発光ピーク波長を放射角を変化させて測定した結果を示している。第1実施形態の半導体発光素子は、表面に設けたp型  $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$  の光散乱層9に  $5\ \mu\text{m}$  ピッチで格子パターンが形成されているので、図中の三角印で示す従来の粗面化されていない半導体発光素子に比して、図中の丸印で示すように、発光波長の放射角依存性が小さくなっている。

多層反射膜であるDBR3は、全膜厚が略  $2\ \mu\text{m}$  であるが、この程度の厚さならGaAs基板1との熱膨張率差による基板の反りやダークラインの発生は認められない。また、DBR3の層数を20ペアにすることによって略90%の高反射率を実現している。

上記半導体発光素子について、温度  $80^\circ$  , 湿度85%中で50mAの通電試験を行なったところ、1000時間経過後の光出力が初期の90%であった。また、上記半導体発光素子は、電流狭窄構造になっているので、内部量子効率、外部出射効率が共に高く、初期光出力は20mAで1.6mWと高い値を示した。

#### 【0023】

(実施形態2)

図 6 (A), (B) は、本発明の第 2 の実施形態である AlGaInP 系の半導体発光素子の平面図およびその b-b 線断面図である。図 6 (A), (B) において、21 は n 型の GaAs 基板、22 は n 型の GaAs バッファ層、23 は n 型の AlAs と n 型の  $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$  を交互に 30 ペア積層してなる DBR、24 は n 型の  $\text{Al}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$  からなる第 1 クラッド層、25 は 80 Å 厚の GaInP からなる 2 つの井戸層の間と両側に  $(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$  のバリア層を設けてなる量子井戸活性層、26 は p 型の  $\text{Al}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$  からなる第 2 クラッド層、27 は p 型の  $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$  からなる電流拡散層、28 は p 型電極、29 は基板裏面の n 型電極である。

## 【 0 0 2 4 】

図 7、図 8 および図 9 (A), (B) は、図 6 の半導体発光素子の製造工程を示しており、図 9 (B) は平面図である図 9 (A) の b-b 線断面図である。

上記半導体発光素子は、図 7 に示すように、(100) から法線が [011] 方向に  $15^\circ$  だけ傾斜した表面をもつ n 型の GaAs 基板 21 上に、順次、 $1\mu\text{m}$  厚の n 型 GaAs バッファ層 22、n 型 AlAs と n 型  $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$  の交互 30 ペア積層からなる DBR 23、n 型  $\text{Al}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$  の第 1 クラッド層 24、量子井戸活性層 25、p 型  $\text{Al}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$  の第 2 クラッド層 26、 $10\mu\text{m}$  厚の p 型  $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$  の電流拡散層 27 を MOCVD 法により積層する。

ここで、n 型 AlAs と n 型  $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$  の交互 30 ペア積層からなる DBR 23 は、反射スペクトルの中心が 650nm になるようにする。また、量子井戸活性層 25 の発光ピーク波長も 650nm になるようにする。

## 【 0 0 2 5 】

次に、図 8 に示すように、 $10\mu\text{m}$  厚の p 型  $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$  からなる電流拡散層 27 の表面を、出射光を散乱させるべく数  $\mu\text{m}$  だけ研磨して粗面化する。

さらに、図 9 に示すように p 型  $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$  の電流拡散層 27 上に AuZn/Mo/Au をスパッタし、フォトリソグラフィによるパターンニングにより中央に突出する円形の表面電極を形成し、続いて熱処理して p 型電極 28 を得る。

最後に、図 6 (B) に示すように、GaAs 基板 21 の裏面を略  $280\mu\text{m}$  まで研磨し、この研磨した面に AuGe/Au を蒸着した後、熱処理して n 型電極 29 を形成

する。

# 【 0 0 2 6 】

こうして得られた第2実施形態の半導体発光素子は、ウエハ表面を研磨により粗面化するので、第1実施形態の粗面化に要した複雑なフォトリソグラフィの工程が不要になるから、工程を簡略化することができる。上記半導体発光素子の発光波長の放射角依存性は、図5で第1実施形態について述べたと同様、十分小さくなっている。また、多層反射膜であるDBR23は、 $n$ 型 $AlAs$ と $n$ 型 $Al_{0.5}Ga_{0.5}As$ の交互層の層数を30ペアにしているので、99%の反射率を実現できる。なお、第1実施形態のDBR3は、 $AlGaInP$ 系の材料からなるため、 $GaAs$ からなる基板1との熱膨張率の差が大きく、30ペアも積層すると結晶中に転位が発生しやすくなって、ダークラインや基板の反りなどの欠陥が生じる。これに対し、第2実施形態のDBR23は、 $GaAs$ 基板21と熱膨張率が近い $AlGaAs$ 系の材料からなるので、ダークラインや基板の反りなどの問題は生じない。

第2実施形態の半導体発光素子についても、第1実施形態と同様、温度 $80^{\circ}$ 、湿度85%中で50mAの通電試験を行ない、1000時間経過後の光出力が初期の90%という結果が得られた。また、初期の20mAでの光出力が1.0mWであり、この値は、第2実施形態が電流狭窄構造でないため、光取出し効率が第1実施形態に比べて略4割低下することを考慮すれば、十分高いといえる。

# 【 0 0 2 7 】

## (実施形態3)

図10(A),(B)は、本発明の第3の実施形態である $AlGaInP$ 系の半導体発光素子の平面図およびそのb-b線断面図である。図10(A),(B)において、41は $n$ 型の $GaAs$ 基板、42は $n$ 型の $GaAs$ バッファ層、43は $n$ 型の $AlAs$ と $n$ 型の $Al_{0.7}Ga_{0.3}As$ を交互に70ペア積層してなるDBR、44は $n$ 型の $Al_{0.5}In_{0.5}P$ からなる第1クラッド層、45は80Å厚の $(Al_{0.3}Ga_{0.7})_{0.5}In_{0.5}P$ からなる4つの井戸層の間と両側に $(Al_{0.5}Ga_{0.5})_{0.5}In_{0.5}P$ のバリア層を設けてなる量子井戸活性層、46は $p$ 型の $Al_{0.5}In_{0.5}P$ からなる第2クラッド層、47は $p$ 型の $AlGaInP$ からなる中間層、48は $p$ 型の $AlGaInP$ から

なる第1電流拡散層、49はn型のAlGaInPからなる電流狭窄層、51はp型のAlGaInPからなる第2電流拡散層、52はp型電極、53は基板裏面のn型電極である。

#### 【0028】

図11、図12(A),(B)および図13(A),(B)は、図10の半導体発光素子の製造工程を示しており、図12(B),図13(B)は平面図である夫々図12(A),図13(A)のb-b線断面図である。

上記半導体発光素子は、図11に示すように、(100)から法線が[011]方向に15°だけ傾斜した表面をもつn型のGaAs基板41上に、順次、1μm厚のn型GaAsバッファ層42、n型AlAsとn型Al<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>Asの交互70ペア積層からなるDBR43、n型Al<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>Pの第1クラッド層44、量子井戸活性層45、p型Al<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>Pの第2クラッド層46、0.15μm厚のp型AlGaInPの中間層47、1μm厚のp型AlGaInPの第1電流拡散層48、0.3μm厚のn型AlGaInPの電流狭窄層49、0.01μm厚のn型GaAsのキャップ層50をMOCVD法により積層する。

ここで、n型AlAsとn型Al<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>Asの交互70ペア積層からなるDBR43は、反射スペクトルの中心が570nmになるようにする。また、量子井戸活性層45の発光ピーク波長も570nmになるようにする。

#### 【0029】

次に、n型GaAsのキャップ層50を硫酸/過酸化水素系エッチャントで除去した後、図12(A),(B)に示すように、フォトリソグラフィーおよび硫酸/過酸化水素系エッチャントにより、n型AlGaInPの電流狭窄層49の中央をp型AlGaInPの第1電流拡散層48に達するまでエッチングして、70μmφの円形状の電流経路を形成する。

その後、図13に示すように、n型AlGaInPの電流狭窄層49およびp型AlGaInPの第1電流拡散層48上に7μm厚のp型AlGaInPの第2電流拡散層51を再成長させる。

さらに、図10(B)に示すように、p型AlGaInPの第2電流拡散層51上にAuBe/Auを蒸着し、フォトリソグラフィーおよびAuエッチャントによるエ

ツチングによって図 1 0 (A) の如き表面電極を形成した後、熱処理して p 型電極 5 2 を得る。

次いで、ウエハを 6 5 ~ 7 0 °C の塩酸中で煮沸して、p 型電極 5 2 で覆われていない p 型 AlGaInP の第 2 電流拡散層 5 1 の表面を粗面化する。最後に、GaAs 基板 4 1 の裏面を略 280  $\mu\text{m}$  まで研磨し、この研磨した面に AuGe/Au を蒸着した後、熱処理して n 型電極 5 3 を形成する。

#### 【 0 0 3 0 】

こうして得られた第 3 実施形態の半導体発光素子は、ウエハを塩酸中で煮沸して表面を粗面化しているので、第 2 実施形態の場合のようにウエハをシートや他のウエハ等に貼り付けて研磨した後、取り外して洗浄するという工程が不要になるから、工程を簡略化することができる。上記半導体発光素子の発光波長の放射角依存性は、既述の第 1, 第 2 実施態様と同じく十分小さくなっている。また、DBR 4 3 の層数を 7 0 ペアにしているので、9 9 % 以上の反射率を実現できる。なお、第 3 実施形態の DBR 4 3 は、GaAs 基板 4 1 と熱膨張率が近い AlGaAs 系の材料からなるので、その全厚が略 7  $\mu\text{m}$  と第 1 実施形態の場合よりも更に厚くなっていても、ダークラインや基板の反りなどの問題は生じない。

第 3 実施形態の半導体発光素子についても、第 1, 第 2 実施形態と同様、温度 8 0 °C, 湿度 8 5 % 中で 5 0 mA の通電試験を行ない、1000 時間経過後の光出力が初期の 105 % という結果が得られた。また、初期光出力は、図 1 0 (A) と図 2 (A) を比較すれば判るように、発光部上の枝状電極の面積を第 1 実施形態の場合よりも小さくしているので、光取り出し効率が略 1 割だけ向上して、0.4 mW と 570 nm の発光波長の発光ダイオードとしては高い値を示した。

#### 【 0 0 3 1 】

##### (実施態様 4)

図 1 4 (A), (B) は、本発明の第 4 の実施形態である AlGaInP 系の半導体発光素子の平面図およびその b-b 線断面図である。図 1 4 (A), (B) において、6 1 は n 型の GaAs 基板、6 2 は n 型の GaAs バッファ層、6 3 は n 型の AlAs と n 型の  $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$  を交互に 3 0 ペア積層してなる DBR、6 4 は n 型の  $\text{Al}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$  からなる第 1 クラッド層、6 5 は 8 0 Å 厚で GaInP の井戸層を (A

$\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ のバリア層で挟んでなる量子井戸活性層、66はp型の $\text{Al}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなる第2クラッド層、67はp型の $\text{AlGaInP}$ からなる中間層、68はp型の $\text{AlGaInP}$ からなる第1電流拡散層、69はn型の $\text{AlGaInP}$ からなる電流狭窄層、71はp型の $\text{AlGaInP}$ からなる第2電流拡散層、72はp型電極、73は基板裏面のn型電極である。

## 【0032】

図15、図16(A),(B)および図17(A),(B)は、図14の半導体発光素子の製造工程を示しており、図16(B),図17(B)は平面図である夫々図16(A),図17(A)のb-b線断面図である。

上記半導体発光素子は、図15に示すように、(100)から法線が[011]方向に $15^\circ$ だけ傾斜した表面をもつn型のGaAs基板61上に、順次、 $1\mu\text{m}$ 厚のn型GaAsバッファ層62、n型AlAsとn型 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ の交互30ペア積層からなるDBR63、n型 $\text{Al}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ の第1クラッド層64、量子井戸活性層65、p型 $\text{Al}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ の第2クラッド層66、 $0.15\mu\text{m}$ 厚のp型 $\text{AlGaInP}$ の中間層67、 $1\mu\text{m}$ 厚のp型 $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.98}\text{In}_{0.01}\text{P}$ の第1電流拡散層68、 $0.3\mu\text{m}$ 厚のn型 $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.98}\text{In}_{0.01}\text{P}$ の電流狭窄層69、 $0.01\mu\text{m}$ 厚のn型GaAsのキャップ層70をMOCVD法により積層する。

ここで、n型AlAsとn型 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ の交互30ペア積層からなるDBR63は、反射スペクトルの中心が650nmになるようにする。また、量子井戸活性層65の発光ピーク波長も650nmになるようにする。

## 【0033】

次に、n型GaAsのキャップ層70を硫酸/過酸化水素系エッチャントで除去した後、図16(A),(B)に示すように、フォトリソグラフィーおよび硫酸/過酸化水素系エッチャントにより、n型 $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.98}\text{In}_{0.01}\text{P}$ の電流狭窄層69の中央をp型 $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.98}\text{In}_{0.01}\text{P}$ の第1電流拡散層68に達するまでエッチングして、 $70\mu\text{m}\phi$ の円形状の電流経路を形成する。

その後、図17(B)に示すように、n型 $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.98}\text{In}_{0.01}\text{P}$ の電流狭窄層69およびp型 $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.98}\text{In}_{0.01}\text{P}$ の第1電流拡散層68上に $7\mu\text{m}$ 厚のp型 $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.98}\text{In}_{0.01}\text{P}$ の第2電流拡散層71を再成長させる。この段階



でGaAs基板61の格子定数に比して略3.6%格子定数の小さい $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.98}\text{In}_{0.01}\text{P}$ の各層68,69,71が、p型 $\text{AlGaInP}$ 中間層67上に合計略8 $\mu\text{m}$ の厚さで形成されているので、この格子定数の差によってウエハ表面、つまりp型 $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.98}\text{In}_{0.01}\text{P}$ の第2電流拡散層71の表面は粗面になる。

## 【0034】

さらに、図14(B)に示すように、p型 $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.98}\text{In}_{0.01}\text{P}$ の第2電流拡散層71上にAuBe/Auを蒸着し、フォトリソグラフィおよびAuエッチャントによるエッチングによって図14(A)の如き表面電極を形成した後、熱処理してp型電極72を得る。

最後に、GaAs基板61の裏面を略280 $\mu\text{m}$ まで研磨し、この研磨した面にAuGe/Auを蒸着した後、熱処理してn型電極73を形成する。

## 【0035】

こうして得られた第4実施形態の半導体発光素子は、発光層である量子井戸活性層65上にGaAs基板61に対して格子定数が0.5%以上異なる $\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{In}_{1-y-z}\text{P}$  ( $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$ )層を含む3つの半導体層68,69,71を形成してウエハ表面を粗面化するので、第1～3実施形態の場合のように結晶成長後にウエハ表面を粗面化する別途工程が不要になるから、工程を簡略化することができる。

第4実施形態の半導体発光素子についても、第1～第3実施形態と同様、温度80℃、湿度85%中で50mAの通電試験を行ない、1000時間経過後の光出力が初期の90%という結果が得られた。また、初期光出力は20mAで1.7mWと十分高い値を示した。

## 【0036】

図18は、上記第4実施形態の半導体発光素子について発光ピーク波長の放射角依存性を測定した結果を示す図5と同様の図である。第4実施形態の半導体発光素子では、格子定数差によるウエハ表面の粗面化の程度が他の実施形態よりも小さいため、発光波長の放射角依存性は、図中の丸印で示すように図中の三角印の粗面化なしの場合よりは格段に良いが、僅かに傾いていて他の実施形態に比して依存性が大きくなっている。

## 【 0 0 3 7 】

## 【発明の効果】

以上の説明で明らかなように、請求項 1 の半導体発光素子は、GaAs基板上に多層反射膜と発光層が形成され、上記多層反射膜がGaAs基板と発光層の間に位置し、発光層から表面に向う光が放射角依存性をもつ半導体発光素子において、上記発光層上に層数が 1 以上の半導体層が形成され、この半導体層の表面が粗面であるので、発光層から放射された光が半導体発光素子からその外部に出射されるときに多方向に散乱されるので発光波長の放射角依存性を小さくすることができる。

## 【 0 0 3 8 】

請求項 2 の半導体発光素子は、請求項 1 に記載の半導体発光素子において、上記GaAs基板上に形成される発光層が、単層あるいは複数層からなる $\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{In}_{1-y-z}\text{P}$  ( $0 \leq y \leq 1$ ,  $0 \leq z \leq 1$ )であるので、550nmから680nm程度で発光する半導体発光素子を得ることができる。

## 【 0 0 3 9 】

請求項 3 の半導体発光素子の製造方法は、GaAs基板上に多層反射膜と発光層が形成され、上記多層反射膜がGaAs基板と発光層の間に位置し、発光層から表面に向う光が放射角依存性をもつ半導体発光素子の製造方法において、上記発光層上に層数が 1 以上の半導体層を形成する工程と、その後にウエハ表面を粗面化する工程を有するので、多層反射膜の反射率を落とすことなく発光層から放射された光を半導体発光素子からその外部に出射されるときに多方向に散乱させて発光波長の放射角依存性を小さくすることができる。

## 【 0 0 4 0 】

請求項 4 の半導体発光素子の製造方法は、請求項 3 に記載の半導体発光素子の製造方法において、上記ウエハ表面を粗面化する工程が、フォトリソグラフィーおよびエッチングによってウエハ表面に光を散乱するパターンを形成する工程を含むので、フォトリソグラフィーおよびエッチングによりウエハ表面に光を散乱するような微細パターンが形成されるから、精度の高いパターン形成が可能である。

## 【 0 0 4 1 】

請求項 5 の半導体発光素子の製造方法は、請求項 3 に記載の半導体発光素子の製造方法において、上記ウエハ表面を粗面化する工程が、ウエハ表面を研磨する工程を含むので、請求項 4 の半導体発光素子の製造方法に比較してフォトリソグラフィの工程がないから、より簡単な方法で半導体発光素子を製造できる。

## 【 0 0 4 2 】

請求項 6 の半導体発光素子の製造方法は、請求項 3 に記載の半導体発光素子の製造方法において、上記発光層上に層数が 1 以上の半導体層を形成する工程が、発光層上に  $\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{In}_{1-y-z}\text{P}$  ( $0 \leq y \leq 1$ ,  $0 \leq z \leq 1$ ) 層を含む半導体層を形成する工程を含み、上記ウエハ表面を粗面化する工程は、塩酸中でウエハを煮沸する工程を含むので、粗面化の際にウエハを保持する別の基板やシート等への貼り付け工程および洗浄工程が不要になるから、請求項 5 の製造方法より簡単化することができる。

## 【 0 0 4 3 】

請求項 7 の半導体発光素子の製造方法は、GaAs 基板上に多層反射膜と発光層が形成され、上記多層反射膜が GaAs 基板と発光層の間に位置し、発光層から表面に向う光が放射角依存性をもつ半導体発光素子の製造方法において、上記発光層上に GaAs 基板に対して格子定数が 0.5 % 以上異なる  $\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{In}_{1-y-z}\text{P}$  ( $0 \leq y \leq 1$ ,  $0 \leq z \leq 1$ ) 層を含む層数が 1 以上の半導体層を形成することによってウエハ表面を粗面化するので、一連の結晶成長のみによってウエハ表面が粗面化できるから、結晶成長の後に別途ウエハ表面を粗面化する工程が不要になり、請求項 3, 4, 5, 6 の製造方法よりも工程を簡略化することができる。

## 【図面の簡単な説明】

【図 1】 ウエハ表面の粗面化による光散乱を平坦面と比較して示す模式図である。

【図 2】 本発明の第 1 実施形態による半導体発光素子の平面図およびその b-b 線断面図である。

【図 3】 第 1 実施形態の半導体発光素子の製造工程を示す断面図である。

【図 4】 第 1 実施形態の半導体発光素子の製造工程を示す平面図およびそ

の b - b 線断面図である

【図 5】 第 1 実施形態の半導体発光素子のピーク波長の放射角依存性を示す図である。

【図 6】 本発明の第 2 実施形態による半導体発光素子の平面図およびその b - b 断面図である。

【図 7】 第 2 実施形態の半導体発光素子の製造工程を示す断面図である。

【図 8】 第 2 実施形態の半導体発光素子の製造工程を示す断面図である。

【図 9】 第 2 実施形態の半導体発光素子の製造工程を示す平面図およびその b - b 断面図である。

【図 1 0】 本発明の第 3 実施形態による半導体発光素子の平面図およびその b - b 線断面図である。

【図 1 1】 第 3 実施形態の半導体発光素子の製造工程を示す断面図である。

【図 1 2】 第 3 実施形態の半導体発光素子の製造工程を示す平面図およびその b - b 線断面図である。

【図 1 3】 第 3 実施形態の半導体発光素子の製造工程を示す表面図およびその b - b 線断面図である。

【図 1 4】 本発明の第 4 実施形態による半導体発光素子の平面図およびその b - b 線断面図である。

【図 1 5】 第 4 実施形態の半導体発光素子の製造工程を示す断面図である。

【図 1 6】 第 4 実施形態の半導体発光素子の製造工程を示す平面図およびその b - b 線断面図である。

【図 1 7】 第 4 実施形態の半導体発光素子の製造工程を示す平面図およびその b - b 線断面図である。

【図 1 8】 第 4 実施形態の半導体発光素子のピーク波長の放射角依存性を示す図である。

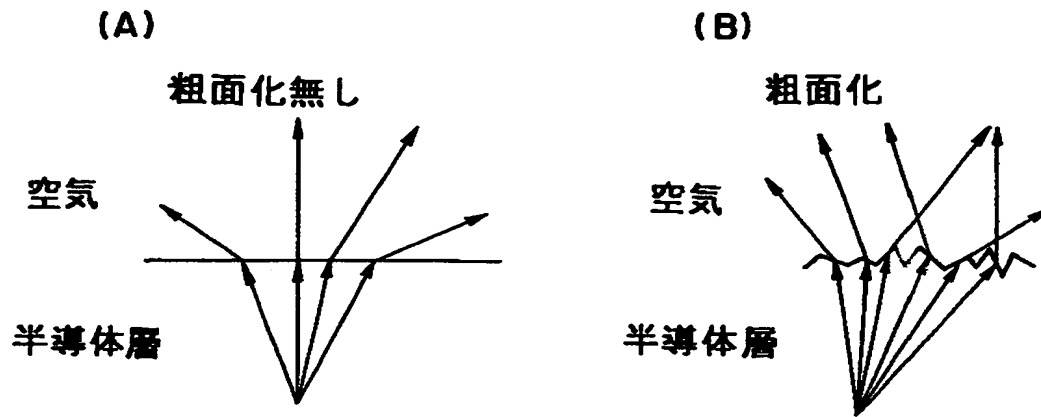
【符号の説明】

1, 2 1, 4 1, 6 1 n 型 GaAs 基板

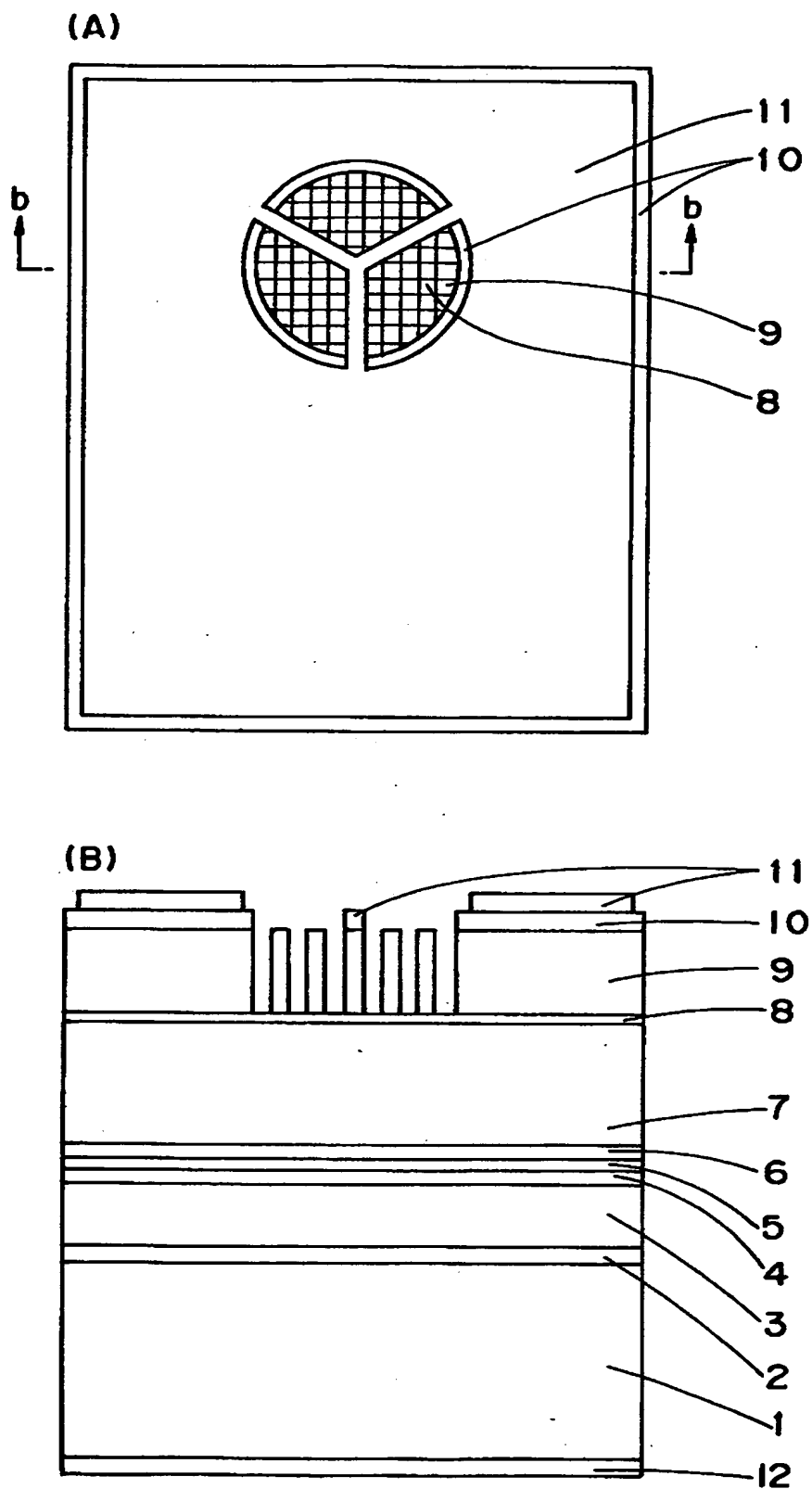
- 2, 2 2, 4 2, 6 2    n型GaAsバッファ層
- 3    n型DBR(n型AlGaInP系多層反射層)
- 4, 2 4, 4 4, 6 4    n型Al<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>Pクラッド層
- 5, 2 5, 4 5, 6 5    量子井戸活性層
- 6, 2 6, 4 6, 6 6    p型Al<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>Pクラッド層
- 7, 2 7    p型Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>As電流拡散層
- 8    p型(Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>)<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>Pエッチングストップ層
- 9    p型Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Asの光散乱層光散乱層
- 1 0    SiO<sub>2</sub>膜
- 1 1, 2 8, 5 2, 7 2    p型電極
- 1 2, 2 9, 5 3, 7 3    n型電極
- 2 3, 4 3, 6 3    n型DBR(n型AlGaAs系多層反射層)
- 4 7, 6 7    p型AlGaInP中間層
- 4 8, 6 8    p型AlGaInP第1電流拡散層
- 4 9, 6 9    n型AlGaInP電流狭窄層
- 5 0、7 0    n型GaAsキャップ層
- 5 1, 7 1    p型AlGaInP第2電流拡散層

【書類名】 図面

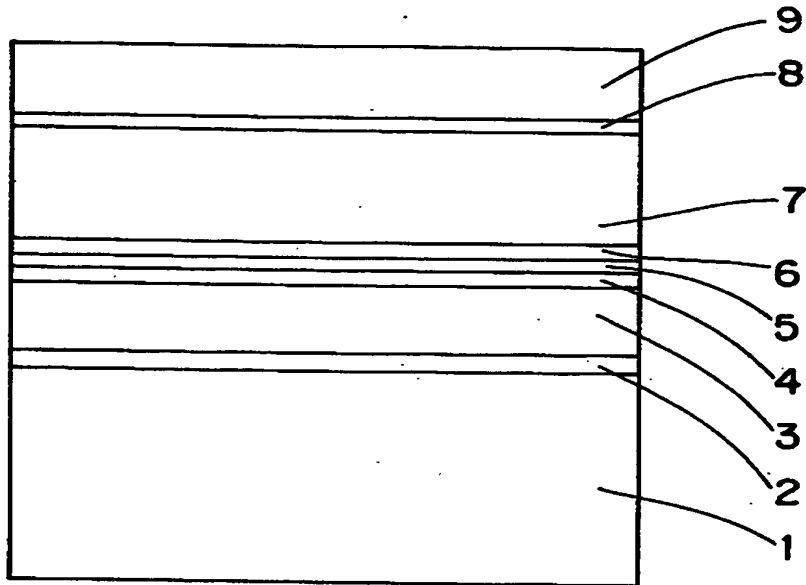
【図1】



【図 2】

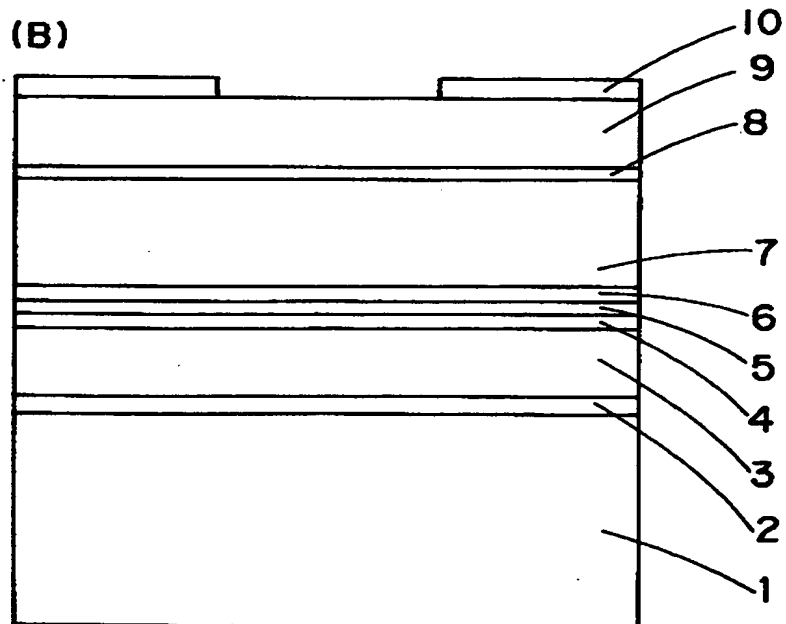
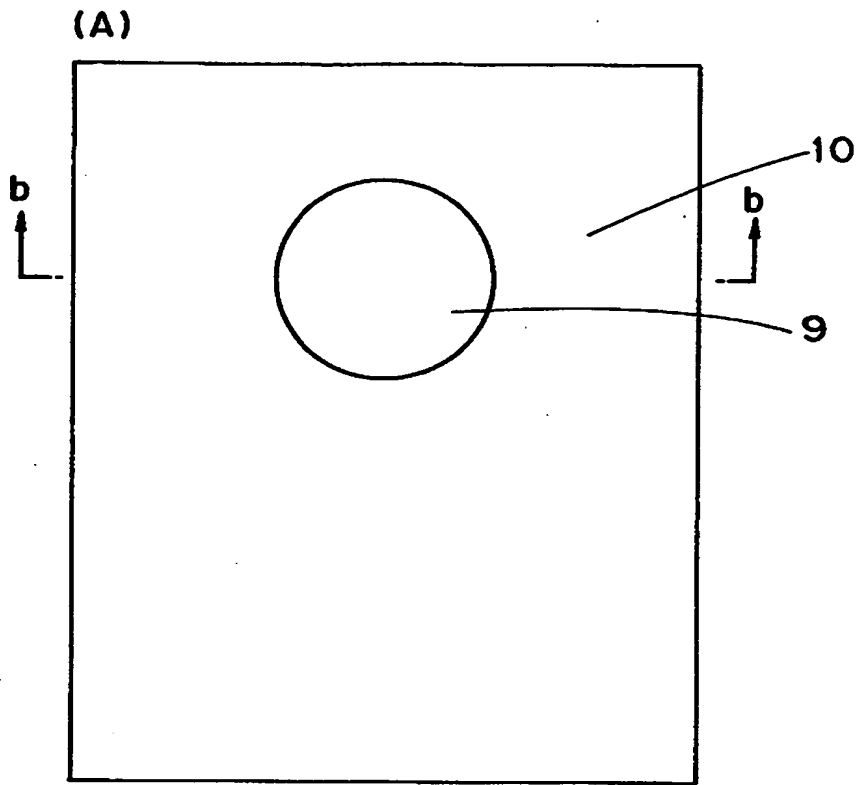


【図 3】

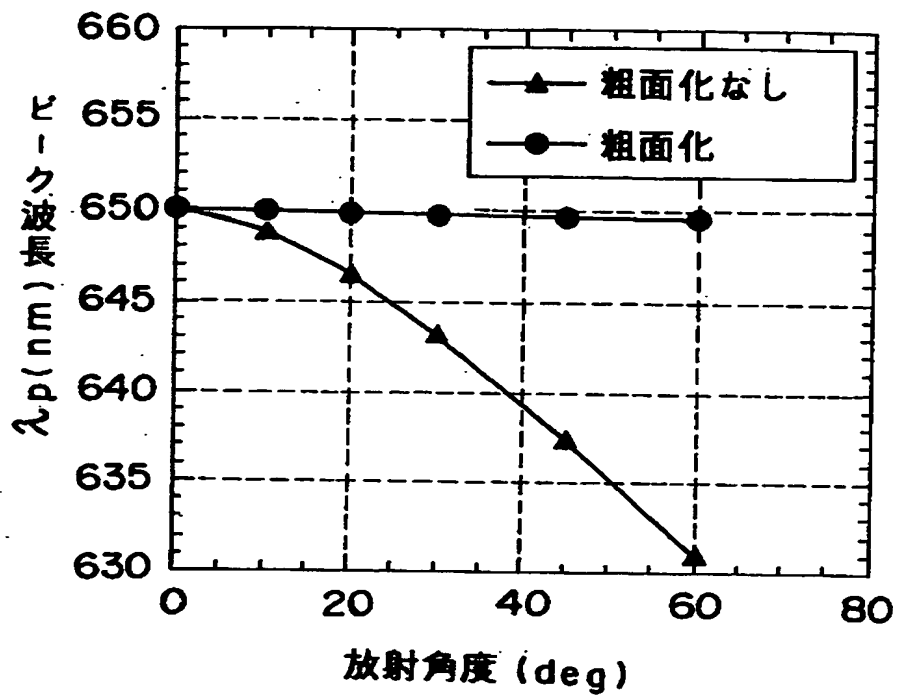




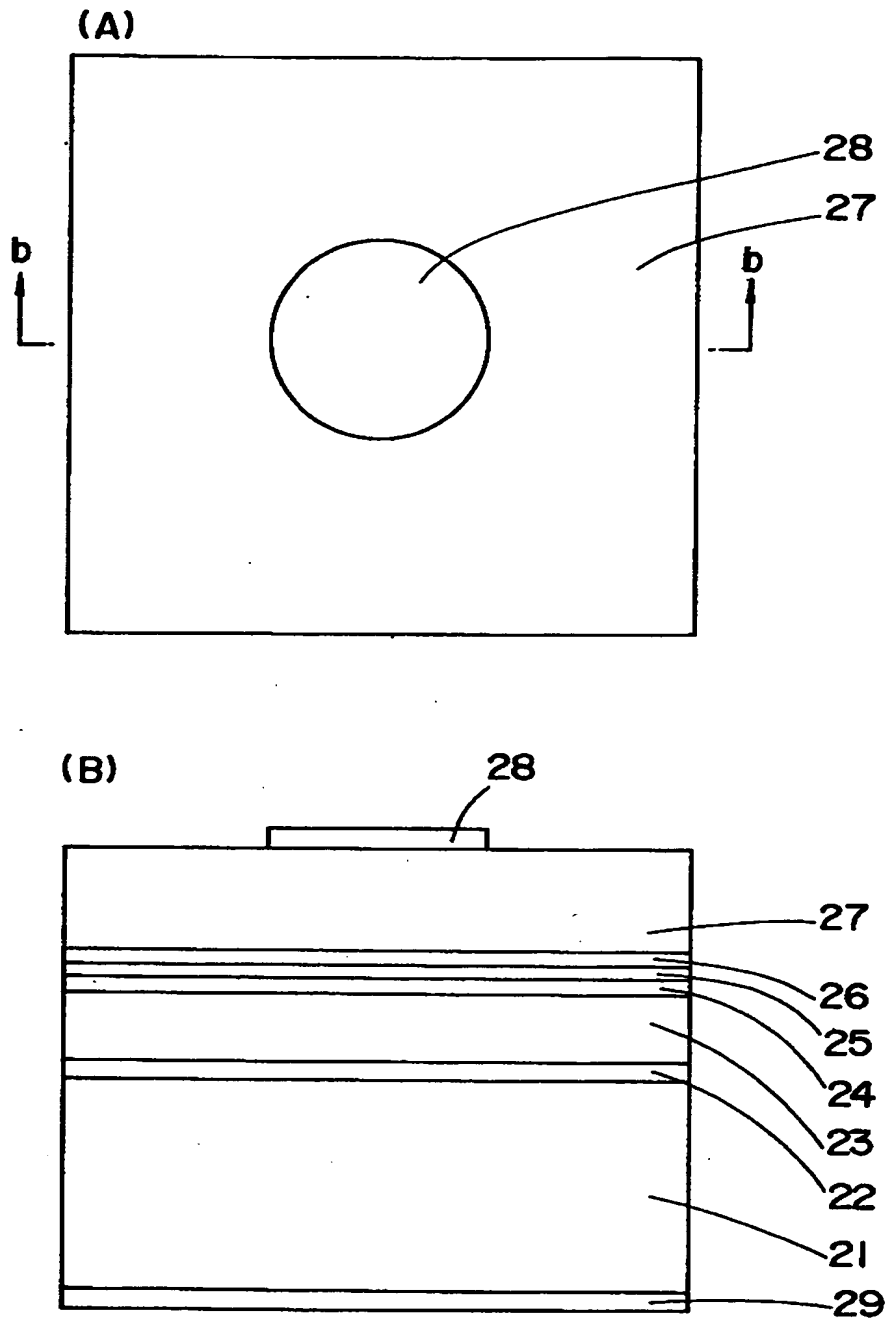
【図 4】



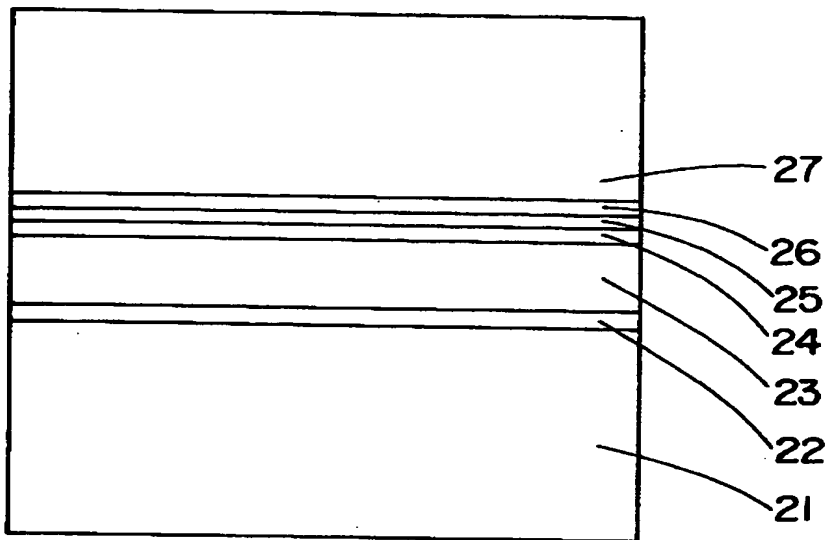
【図5】



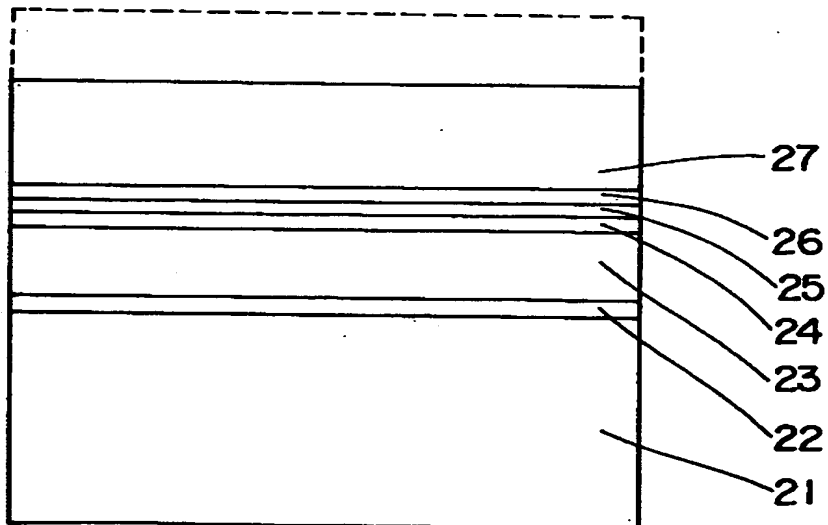
【図 6】



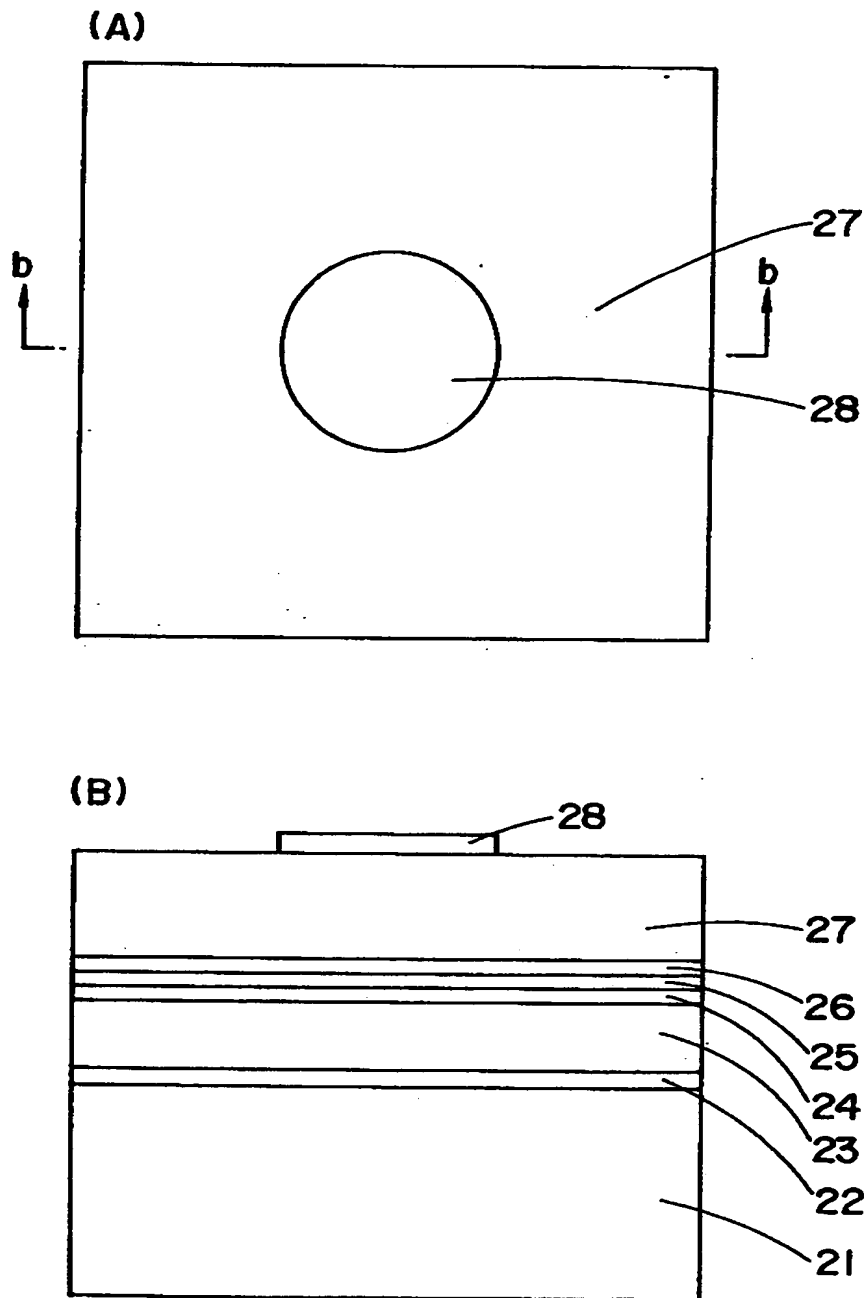
【図7】



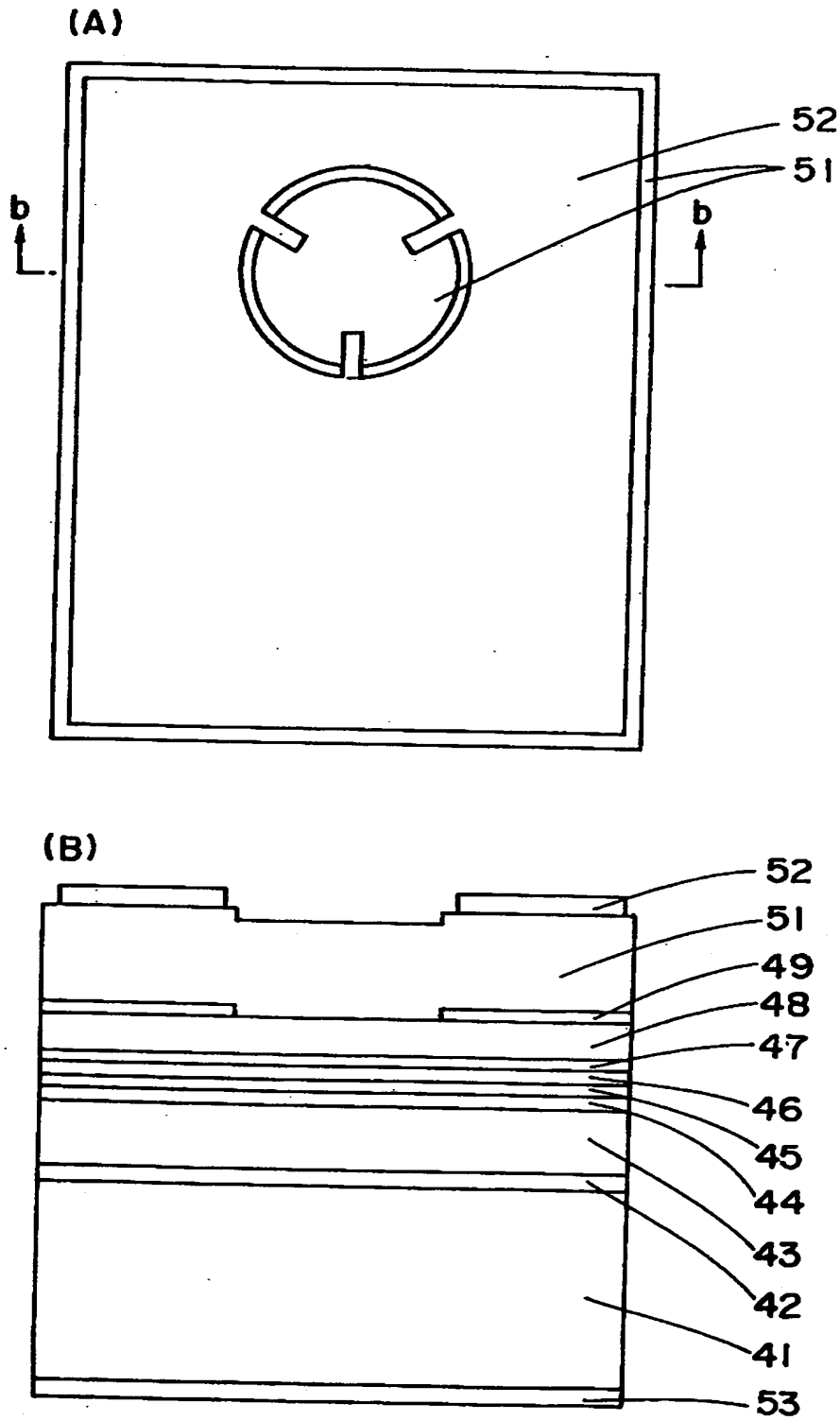
【図8】



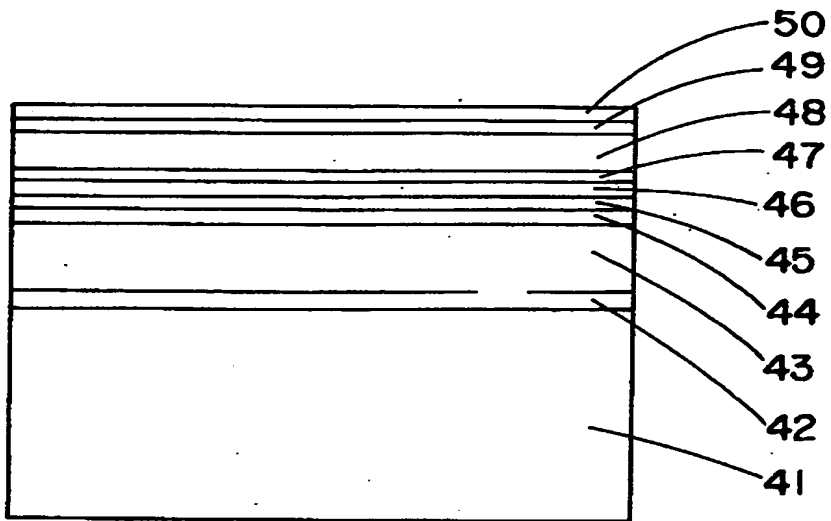
【図 9】



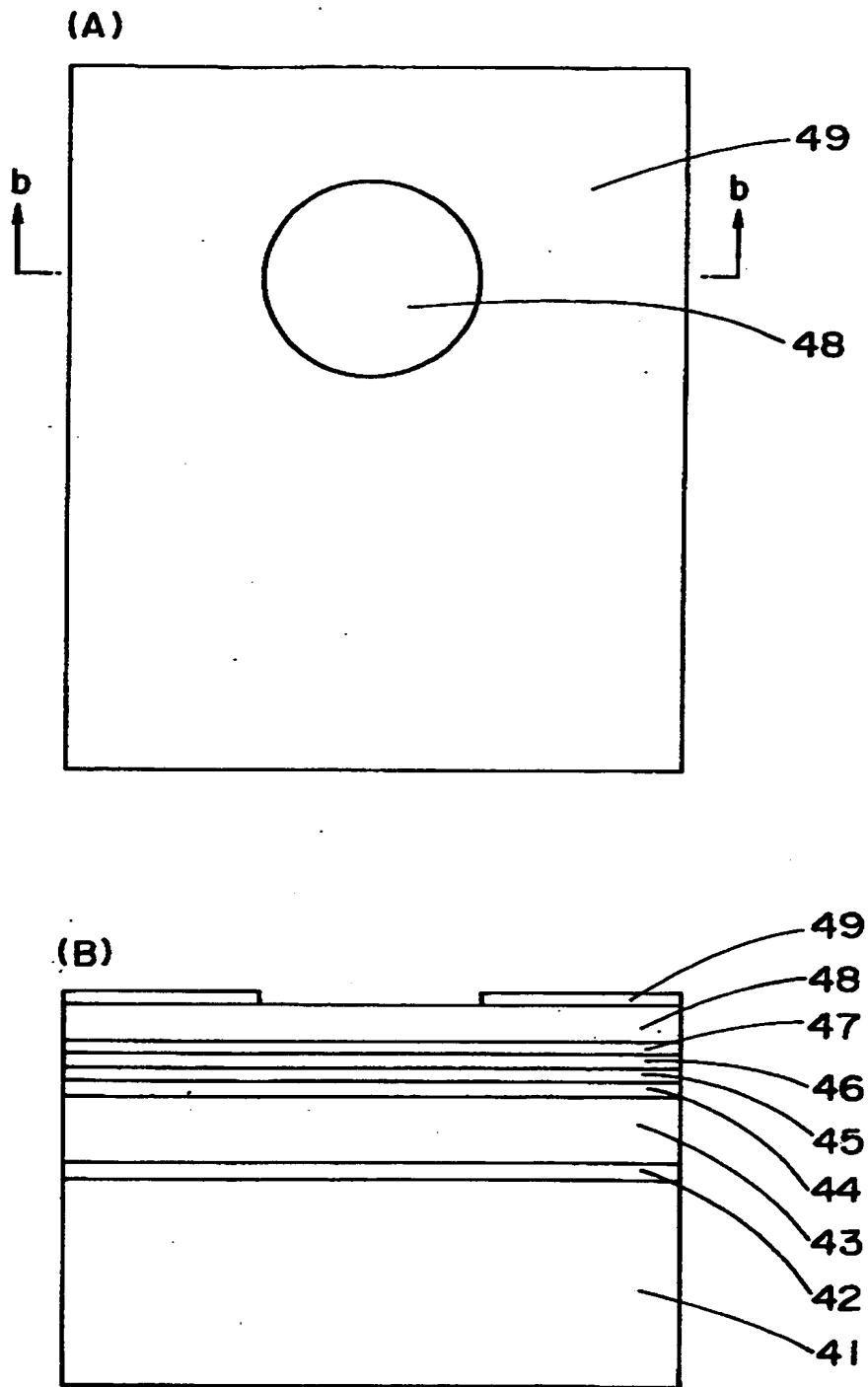
【図 10】



【図11】

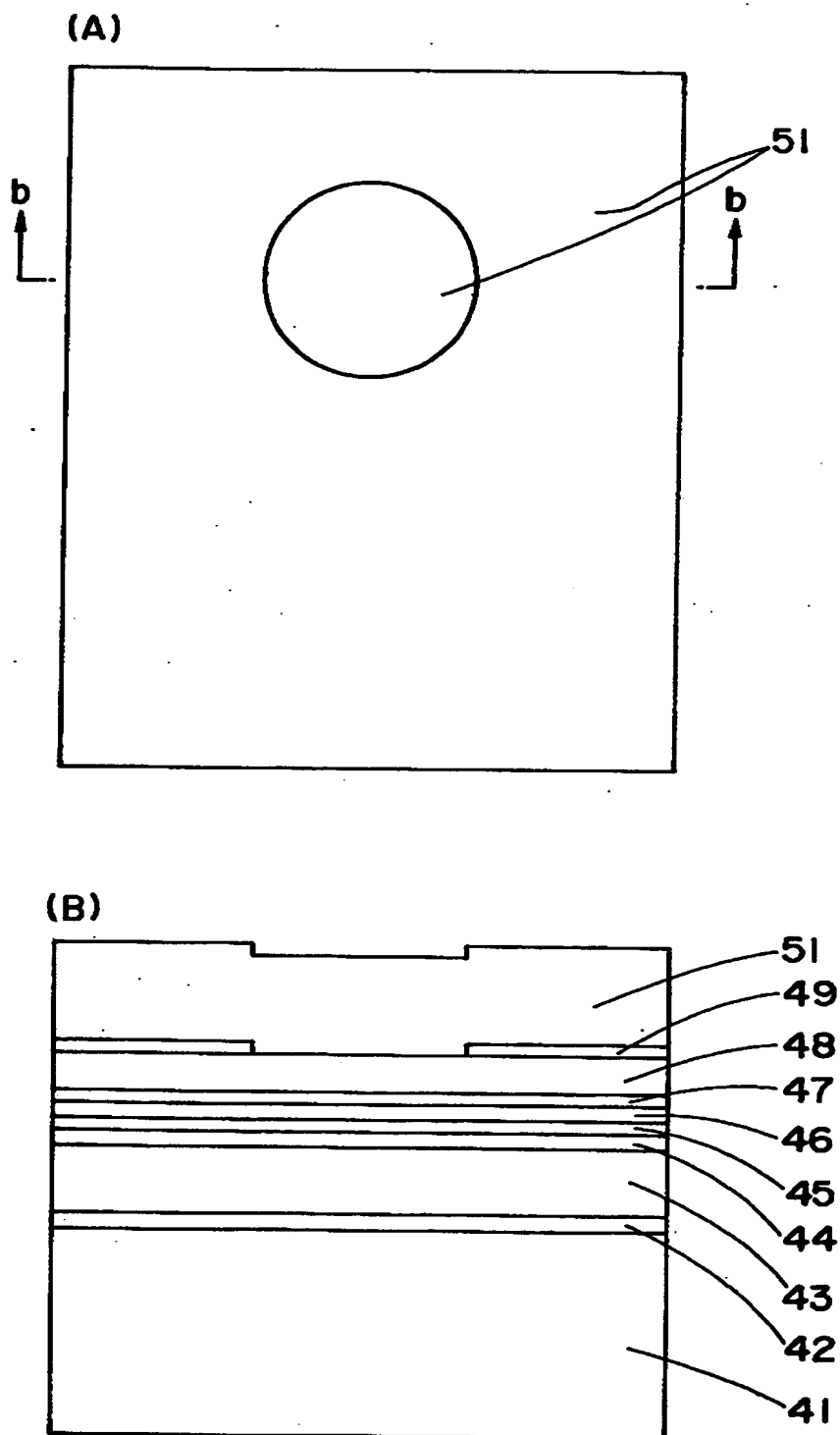


【図 1 2】

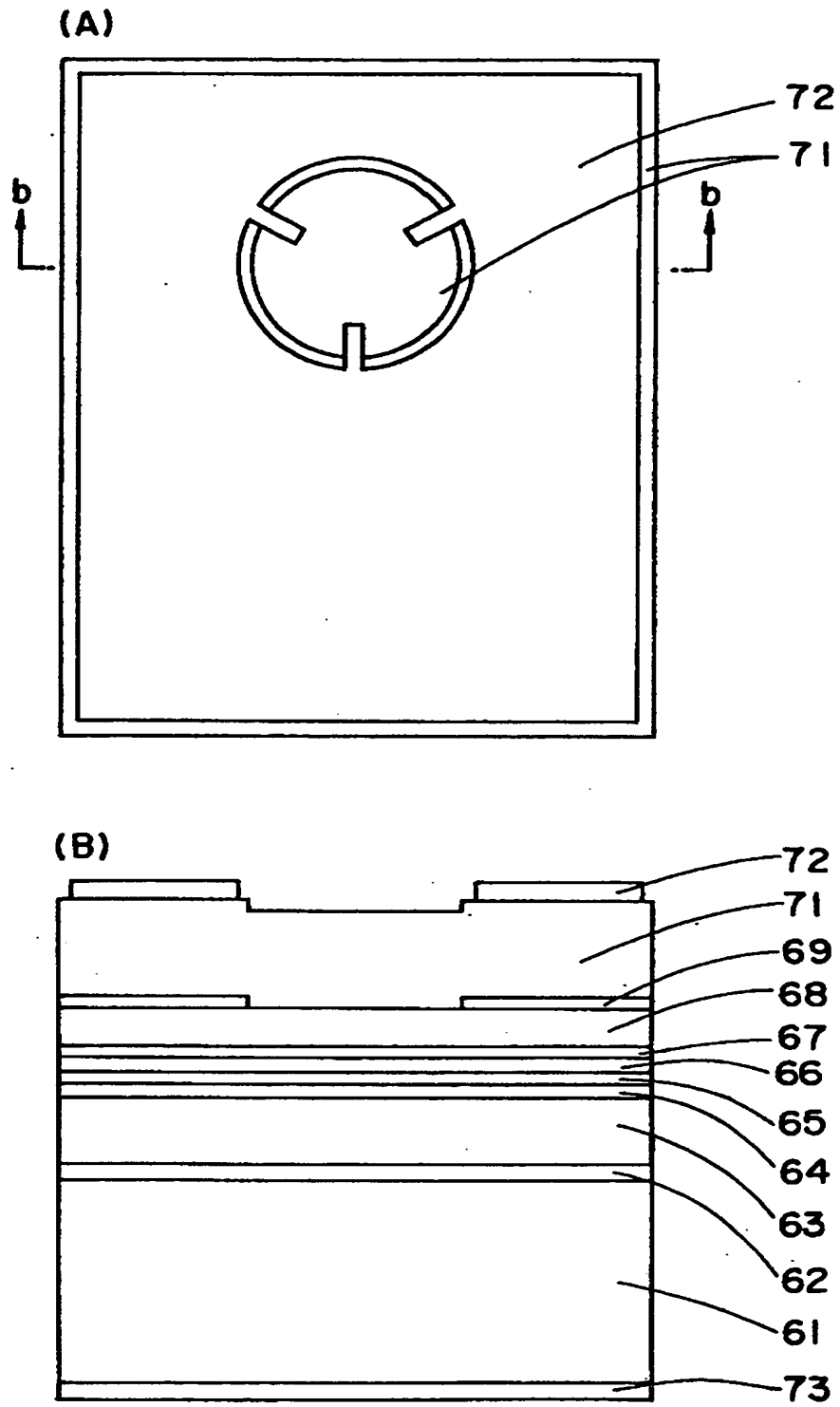




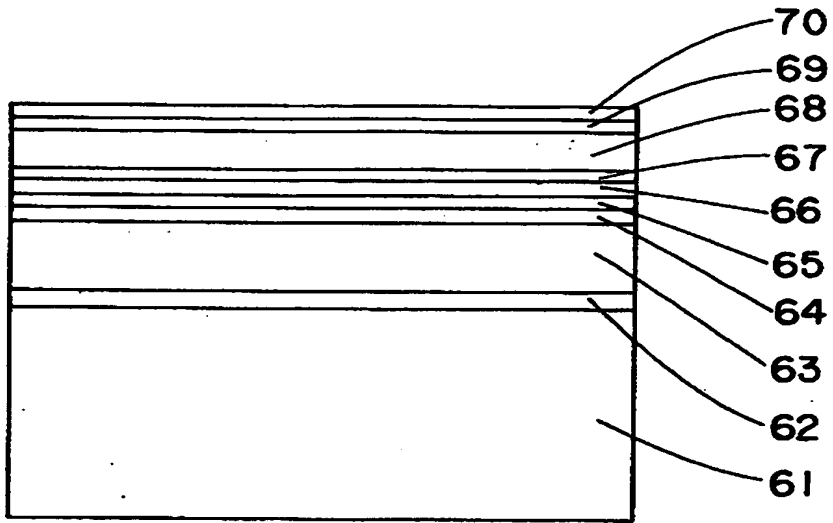
【図13】



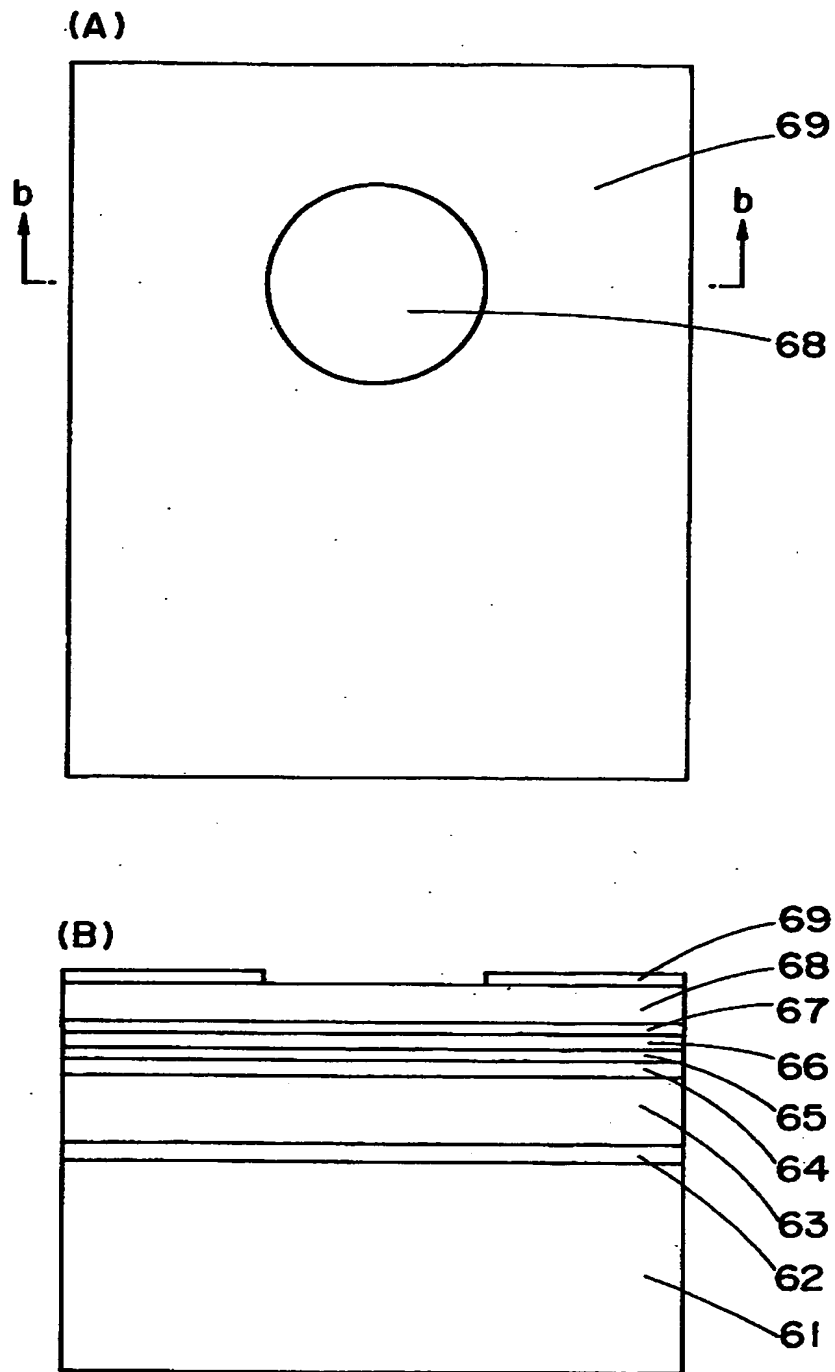
【図 14】



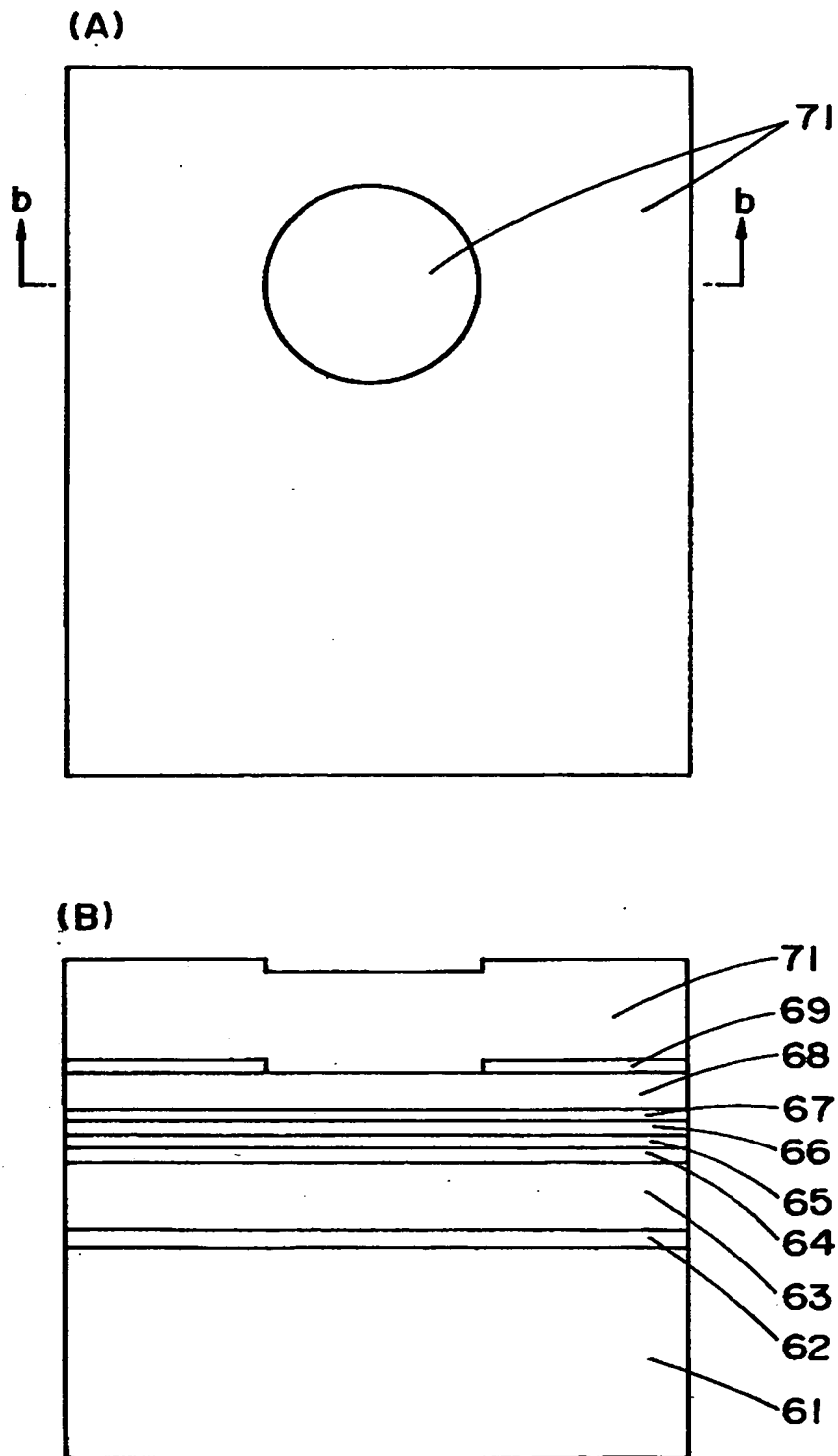
【図 1 5】



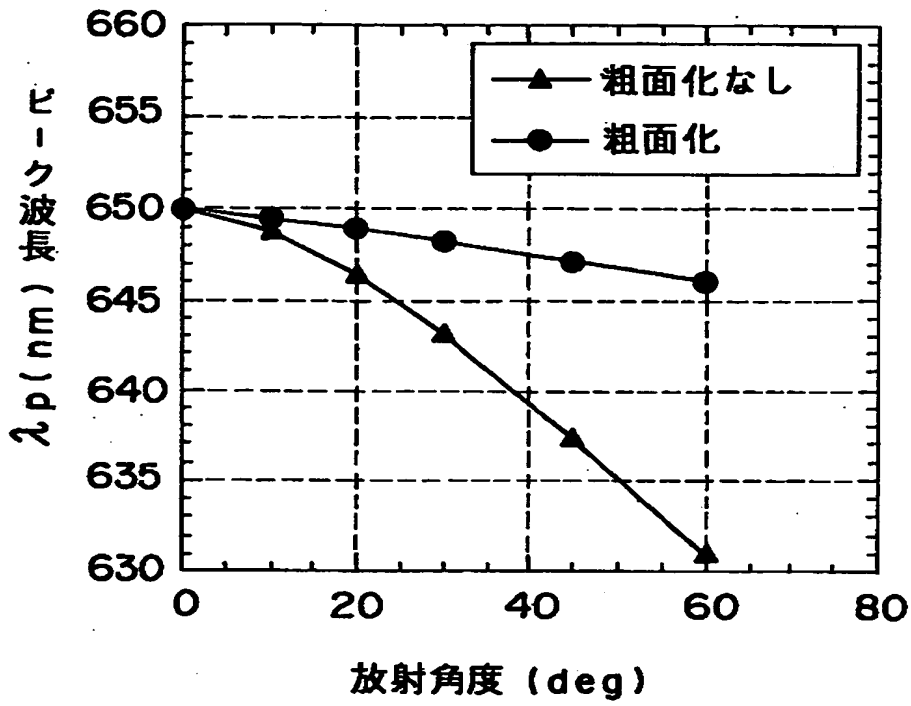
【図 16】



【図 1 7】



【図18】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 発光波長の放射角依存性の小さい半導体素子およびその製造方法を提供する。

【解決手段】 GaAs基板 1 上に、DBR(多層反射膜) 3 と、この上方に複数層の  $\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{In}_{1-y-z}\text{P}$  ( $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$ ) からなる発光層 5 を形成する。発光層 5 上に層数が 1 以上の半導体層 6 ~ 1 0 が形成され、この半導体層 9 の表面に、フォトリソグラフィーおよび硫酸／過酸化水素系エCHANT によってエッチングして光を散乱する格子パターンを形成する。

【選択図】 図 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005049]

1. 変更年月日 1990年 8月29日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号  
氏 名 シャープ株式会社